Konstrukcija kompilatora

— Optimizacija koda —

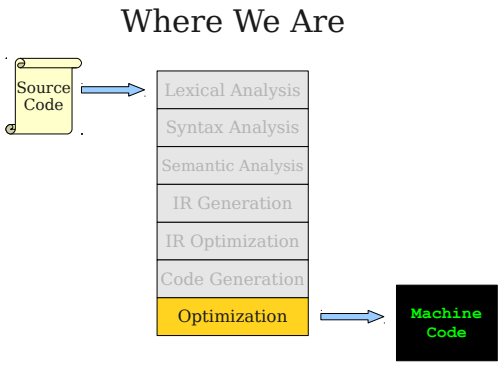
Milena Vujošević Janičić

Matematički fakultet, Univerzitet u Beogradu

Sadržaj

Na slajdovima obavezno pogledati animacije koje su ovde izostavljene!

1 Uvod

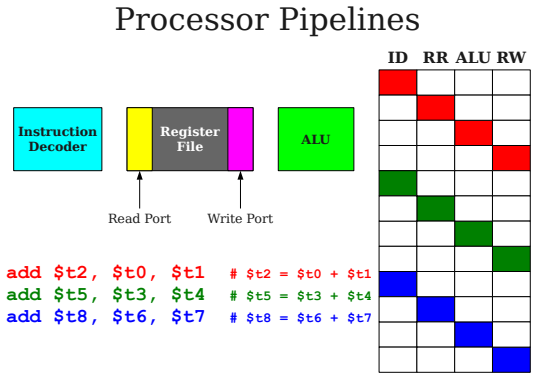


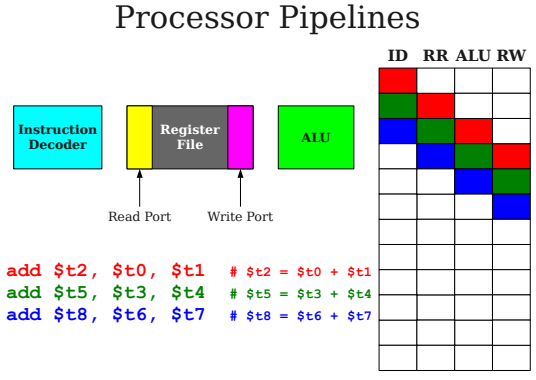
Finalna optimizacija koda

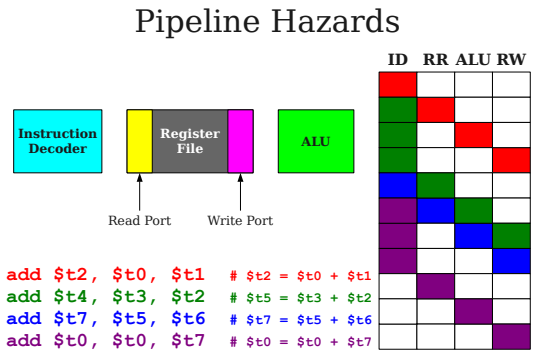
- Cilj: Optimizovati generisani kod korišćenjem mašinski zavisnih osobina koje nisu vidljive na IR nivou
- Kritičan korak većine kompajlera, ali obično veoma neuredan:
  - Tehnike koje se razviju za jednu mašinu mogu da budu potpuni nekorisne za drugu
  - Tehnike koje se razviju za jedan jezik mogu da budu potpuno nekorisne za drugi
- Razmotrićemo optimizaciju raspoređivanja instrukcija
- Postoje i razne druge optimizacije koda, npr optimizacije sa ciljem boljeg upravljanja kešom

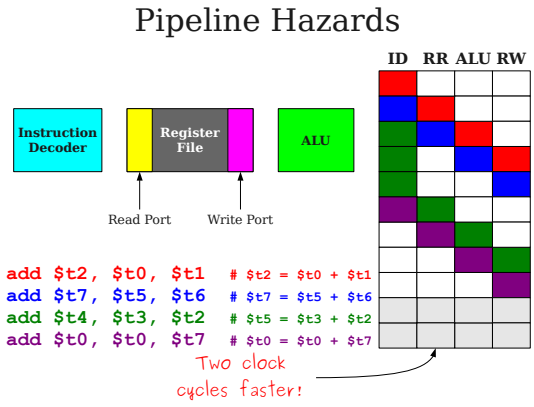
2 Optimizovanje redosleda instrukcija

2.1 Delovi instrukcija









2.2 Raspoređivanje instrukcija

Raspoređivanje instrukcija

- Zbog procesorskog pipilining-a, redosled u kojem se instrukcije izvršavaju može da utiče na performanse
- **Raspoređivanje instrukcija je pravljenje rasporeda instrukcija sa ciljem da se poboljšaju performanse**
- Svi dobri kompajleri imaju neku vrstu podrške za raspoređivanje instrukcija

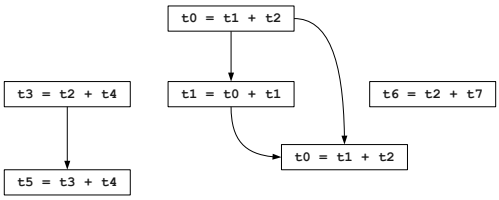
2.3 Zavisnost među podacima

Zavisnost među podacima

- Zavisnost među podacima u mašinskom kodu je skup instrukcija čije ponašanje zavisi jedno od druge

- Intuitivno, skup instrukcija koje ne mogu da se poređaju na drugačiji način
- Postoje tri vrste zavisnosti: čitanje nakon pisanja, pisanje nakon čitanja, pisanje nakon pisanja

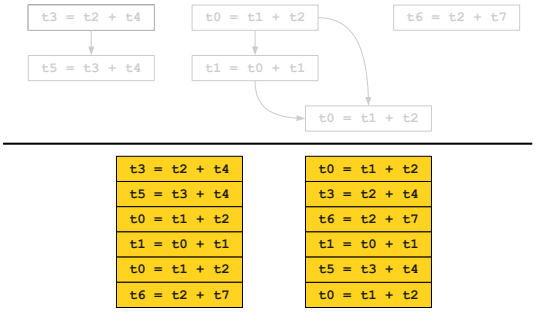
Finding Data Dependencies



Graf zavisnosti podataka

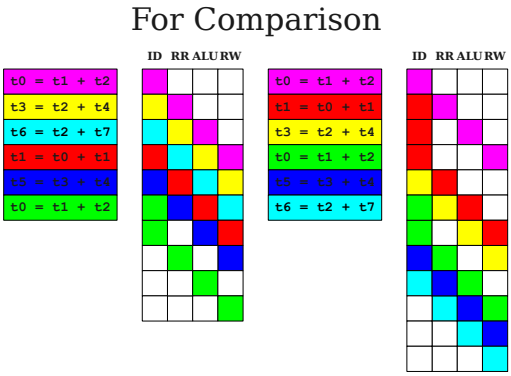
- Graf koji prikazuje zavisnosti podataka u okviru osnovnog bloka naziva se graf zavisnosti podataka
- To je direktan aciklični graf. Direktan, jer uvek jedna instrukcija zavisi od druge. Acikličan, jer nisu moguće ciklične zavisnosti.
- Mogu se rasporediti instrukcije u okviru osnovnog bloka u bilo kom redosledu sve dok se ne raspodele instrukcije tako da neka instrukcija prethodi svom roditelju
- Ideja: **napravi topološko sortiranje zavisnosti podataka i poređaj instrukcije u tom redosledu**

Instruction Scheduling



Problem

- Može postojati puno ispravnih topoloških uređenja grafa zavisnosti podataka
- Kako izabrati onaj redosled koji je dobar?
- U opštem slučaju, pronalaženje najboljeg rasporeda instrukcija je NP-težak problem.
- U praksi se koriste heuristike



Raspoređivanje instrukcija

- Moderni kompajleri mogu da rade i značajno agresivnije raspoređivanje instrukcija sa ciljem da se dobiju bolje performanse programa
- Primeri ovih tehnika su razmotavanje petlji i software pipelining

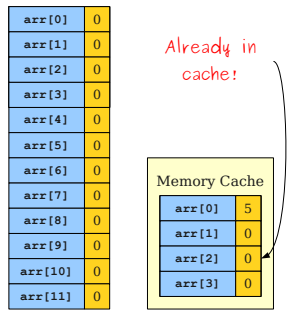
3 Upotreba keša

Upotreba keša

- Pored optimizacije raspoređivanje instrukcija, mogu se vršiti i optimizacije transformacije koda sa ciljem bolje upotrebe keša
- Upotreba keša se zasniva na dve vrste lokalnosti: vremenska i prostorna. Vremenska: ako je nekoj memoriji skoro pristupano, verovatno će joj biti ponovo pristupano uskoro. Prostorna: ako je nekoj memoriji skoro pristupano, verovatno će i njeni susedni objekti biti takođe uskoro korišćeni.
- Većina keš memorija je dizajnirano da iskoristi ove lokalnosti tako što se u kešu drže skoro adresirani objekti i tako što se u keš ubacuje i sadržaj memorije u blizini

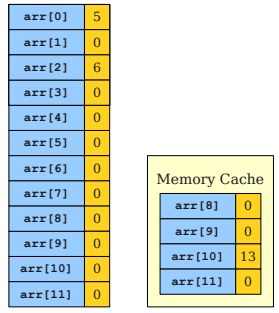
Memory Caches

```
arr[0]  = 5;
arr[2]  = 6;
arr[10] = 13;
arr[1]  = 4;
```



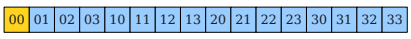
Memory Caches

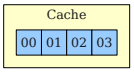
```
arr[0]  = 5;
arr[2]  = 6;
arr[10] = 13;
arr[1]  = 4;
```



The Problem with Caches

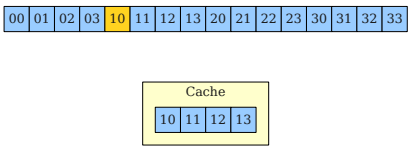
```
int[][] array;
for (j = 0; j < 4; j = j + 1)
    for (i = 0; i < 4; i = i + 1)
        array[i][j] = 0;
```





The Problem with Caches

```
int[][] array;
for (j = 0; j < 4; j = j + 1)
    for (i = 0; i < 4; i = i + 1)
        array[i][j] = 0;
```

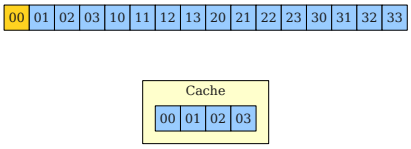


Poboljšanje lokalnosti

- Programeri obično pišu kod bez razumevanja o posledicama lokalnosti jer jezici ne prikazuju detalje memorije
- Neki kompajleri su sposobni da prepišu kod tako da se lokalnost iskoristi
- Primer takve optimizacije je preraspoređivanje petlji

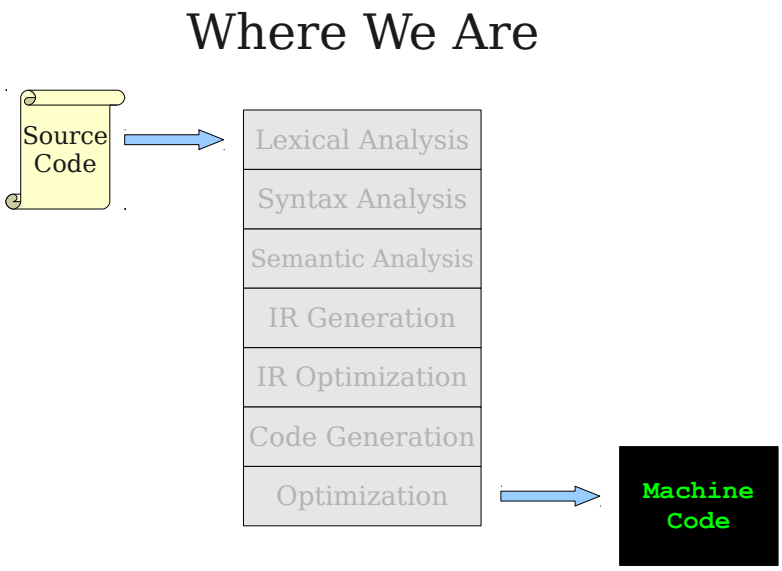
Loop Reordering

```
int[][] array;
for (i = 0; i < 4; i = i + 1)
    for (j = 0; j < 4; j = j + 1)
        array[i][j] = 0;
```



Optimizacije koda

- Postoje i razne druge optimizacije koje se mogu sprovesti na nivou izgenerisanog koda



4 Literatura

Literatura

- (The Dragon Book) Compilers: Principles, Techniques, and Tools Alfred V. Aho,Monica S. Lam, Ravi Sethi, and Jeffrey D. Ullman
- Kompajleri Stanford https://web.stanford.edu/class/archive/cs/cs143/cs143.1128/